Modelos para caracterizar los patrones de distribución espacial de *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*)

Tannure, Claudia L.[1] - Mazza, Silvia M.[1] - Giménez, Laura I.[1-2]

1. Facultad de Cs. Agrarias - UNNE.
Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes - Argentina.
Tel./Fax: +54 (03783) 427131 - E-mail: cltannure@agr.unne.edu.ar

2. INTA - EEA Sombrerito

ANTECEDENTES

Al momento de implementar programas de manejo de las plagas que afectan a los cultivos, el conocimiento del patrón de distribución espacial de dichas plagas permite mayor eficiencia en el diseño de programas de muestreo, la selección de métodos de análisis de datos, la estimación de tamaños poblacionales y el estudio de las relaciones predador-presa, huésped-parásito (Hartcourt, 1967, Sevacherian & Stern, 1972). La determinación de los posibles patrones de distribución a los que se ajusta una población de insectos en un cultivo dado ayuda a conocer sus hábitos de vida, su tendencia a agruparse o no en las diferentes etapas de su desarrollo y las preferencias con respecto a su hábitat (Southwood, 1995; Manoiloff *et al*., 1982).

Si bien las características animales, en general siguen una distribución normal en cuanto a su frecuencia de aparición, la dispersión espacial de las poblaciones a menudo no responde a este patrón, salvo si esa dispersión es aleatoria y las densidades muy altas o las unidades muestrales tan grandes que incluyan un considerable número de individuos (Southwood, 1995). Los ecólogos han reconocido tradicionalmente tres patrones generales de distribución de los individuos en el espacio, con distribución aleatoria, distribución uniforme y distribución agregada. Una distribución aleatoria, indica que la probabilidad de encontrar a un individuo es la misma para todos los puntos del espacio, o que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser hallados en cada punto del espacio. De manera general, una distribución uniforme significa que las distancias entre individuos son aproximadamente las mismas dentro de la población. Una distribución agregada, implica que los individuos se agrupan en aglomerados o parches, dejando porciones del espacio relativamente desocupadas (Pielou, 1977).

La disposición espacial se describe mediante índices y modelos matemáticos, lo que permite hacer predicciones sobre el comportamiento de las poblaciones y encontrar transformaciones adecuadas que posibiliten el análisis de varianza, determinar tamaños óptimos de muestra, calcular intervalos de confianza y planificar programas de muestreo para la toma de decisiones (Rudd 1980, Ruesink 1980, Shepard 1980).

En trabajos previos se ha encontrado un patrón aleatorio en la primera etapa del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) para el áfido verde *Myzus persicae*, con un cambio al patrón agregado a partir de la sexta semana del cultivo (Narváez y Notz, 2000).

También se ha determinado que la distribución espacial de los pulgones en el cultivo del algodonero, es de tipo contagiosa o agregada, con alta probabilidad de ajustarse a la distribución Binomial Negativa cuando la infestación es alta, situación que se presenta en las etapas temprana e intermedia del cultivo. Mientras que cuando la infestación es baja, lo que ocurre en la etapa tardía del desarrollo del cultivo, se presenta una distribución de tipo aleatoria, con ajuste a la distribución de Poisson (Mazza *et al.*, 2001; Prause *et al.*, 2001).

Una distribución regular está asociada a una repulsión entre los animales (Taylor 1984), encontrándose raramente en la naturaleza (Ludwig y Reynolds 1988). Uno de los pocos ejemplos es el de la mosca de la fruta *Rhagoletis pomonella* (Walsh), ésta coloca sus huevos sobre frutos de cierto desarrollo del árbol *Crataegus* spp. y de manzana según un patrón regular (Averill y Prokopy 1989), asociado a la existencia de un marcaje de la superficie del fruto por la hembra que ovipone, evitando que otras lo hagan en el mismo fruto.

Otra forma común para estudiar la disposición espacial de los individuos de una población consiste en comparar la distribución de frecuencias observadas en un muestreo, con las frecuencias esperadas dada una distribución teórica (Siegel, 1979).

La Binomial Negativa es la distribución estadística de uso más generalizado para modelar poblaciones agregadas, llegándose incluso en ocasiones a tratar a ambas distribuciones (espacial y estadística) como sinónimos. Al igual que la de Poisson, la Binomial Negativa es una distribución de frecuencias discretas, siendo su forma matemática:

$$b^{*}(x;k,p) = \text{combinación}\ {}_{k-1}^{x-1}\ (0.5)^{0.1}\ (0.5)^{x-0.1}$$

La distribución Binomial Negativa está determinada por dos parámetros, k y p: estos están relacionados a la media por cuanto $\mu=kp$. El parámetro k suele ser visto como una medida de agregación, considerándose que mientras menor sea su

valor, mayor será la agregación. De esta manera, el enfoque tradicional plantea que ajustar una distribución Binomial a un patrón de disposición espacial consiste en encontrar un valor de k que, dada una media muestral, permita modelar cualquier patrón de agregación como una de las infinitas formas de la Binomial Negativa.

La fórmula matemática de la distribución de Poisson es:

$P_x = e^{-\mu} (\mu^x / X!)$

donde P_x representa la probabilidad de ocurrencia de x individuos en una cuadrícula, ì es la media poblacional del número de individuos en una cuadrícula, y *e* = 2,718282.., la base de los logaritmos neperianos.

La distribución de Poisson está definida por un único parámetro (ì). Presenta la característica que ì = ó ^{2}, es decir la media y la varianza poblacionales son iguales, es una distribución asimétrica, pero tiende a una distribución de tipo normal a medida que aumenta la media.

Las dos primeras propiedades de la Poisson han llevado al enfoque tradicional, el cual plantea que si la media es igual a la varianza, entonces cabe esperar que la distribución de los individuos sea aleatoria. Esta idea llevó a la formulación del cociente $ó^2/ì$ (varianza:media) como un índice de agregación, y al mismo tiempo, como un índice de desviación de la Poisson.

Un criterio muy utilizado para proponer una distribución de probabilidad es el que considera la razón σ^2/μ (varianza:media) como un índice de agregación basado en la distribución de Poisson. Cuando dicho cociente es igual a 1, la disposición espacial es aleatoria, definiendo dicha aleatoriedad como el hecho de que la distribución espacial observada se ajusta perfectamente a una Poisson. Si es igual a 0, indica varianza nula, es decir todos los puntos de muestreo contienen el mismo número de individuos, o en otras palabras la disposición espacial es uniforme, en este caso se propone un ajuste a una distribución Binomial. Alcanza su máximo valor cuando todos los individuos se sitúan en un mismo punto de muestreo, dejando los restantes vacíos, es decir la agregación es máxima, ajustándose una distribución Binomial Negativa (Pielou, 1977).

Teniendo en cuenta el conocimiento del tipo de agregación que presenta el pulgón del algodonero *Aphis gossypii*, en diferentes etapas del cultivo del algodonero, y las distribuciones empíricas asociadas, el objetivo de este trabajo fue proponer funciones de distribución para modelizar la distribución espacial del insecto plaga, en un campo de algodón durante el desarrollo del ciclo de cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Es importante comprender la distinción entre distribuciones estadísticas y distribuciones espaciales. Las primeras corresponden estrictamente al conjunto de frecuencias de ocurrencias de una serie de eventos, mientras que las segundas se refieren al patrón de ubicación en el espacio de los individuos de una población. Las distribuciones estadísticas son útiles como marco de referencia para estudiar, mediante comparación, las distribuciones espaciales, dado que es imposible trazar en un mapa la ubicación exacta de cada individuo.

Dados los tipos de distribución espacial y las formas presentadas por las funciones empíricas conocidas, se decidió trabajar con las siguientes distribuciones: Binomial Negativa y Poisson, variando los valores de k y p, y de μ respectivamente.

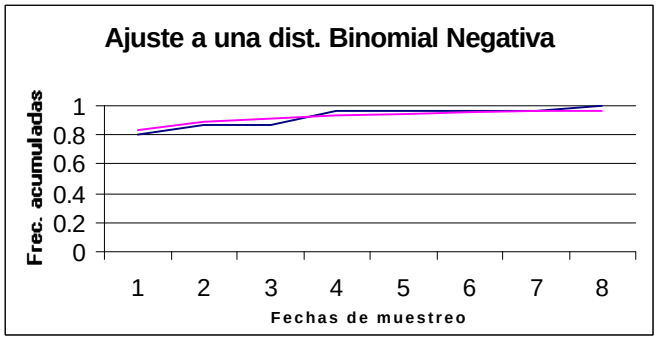
Se aplicaron técnicas de la Estadística Clásica: a) análisis de la relación σ^2/μ (varianza:media); b) ajuste de distribuciones de frecuencias a los modelos propuestos usando la prueba de de Kolmogorov –Smirnov c) comparación de las distribuciones de frecuencias empíricas con las distribuciones teóricas propuestas.
La herramienta informática con que se trabajo fue Infostat 1.1 (Infostat, 2002)

DISCUSION DE RESULTADOS

Se propone la distribución Binomial Negativa para modelizar la distribución espacial del pulgón del algodonero *Aphis gossypii* para las etapas temprana e intermedia (desde emergencia a floración, 75-90 días), donde el ataque de este insecto es mayor, encontrándose altos niveles de infestación, altas relaciones varianza:media, lo que nos indica un patrón de distribución agregado (Ruesink, 1980; Rudd, 1980; Binns y Bostanian, 1990; Hollinsgsworth y Gatsonis, 1990; Mazza *et al.*, 2001; Prause *et al.*, 2001):

$$b^* (x;0.1,0.5) = \text{combinación} \begin{matrix} x-1 \\ 0.1-1 \end{matrix} (0.5)^{0.1} (0.5)^{x-0.1}$$

se propone k=1, como índice de agregación, debido al conocimiento de que es un período con alta agregación, y un valor de p=0.5, suponiendo que la probabilidad de encontrar una planta infestada o no infestada es la misma.



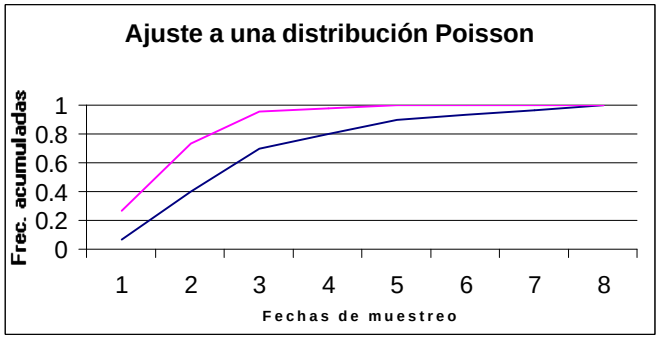
Graf. 1: Ejemplo de ajuste de una distribución de frecuencias acumuladas observadas a una distribución Binomial negativa.

Un patrón agregado indica la presencia de interacciones entre los individuos, o entre los individuos y el medio. Existen muchas causas probables para la formación de un patrón agregado, cuyo estudio puede ser relevante para comprender mejor la biología o ecología de los organismos o el medio bajo estudio. Si sólo consideramos factores intrínsecos, la agregación podría ser consecuencia de interacciones sociales, tales como la organización para realización de tareas como la búsqueda del alimento o la crianza. Asimismo, podría ser una consecuencia del modo reproductivo predominante en la población (e.g. gemación o baja dispersión de semillas, larvas o juveniles). Si consideramos además factores extrínsecos, la agregación podría ser una consecuencia del patrón de disposición de los recursos o los peligros en el medio: comportamientos defensivos, o aprovechamiento de parches de alta calidad y despoblamiento de zonas pobres. Estas dos clases de factores pueden igualmente interactuar de muchas formas, y afectar la trayectoria evolutiva de la población o especie a todos los niveles de organización (Marquez, 2000).

Para la etapa tardía del cultivo (desde la madurez de la cápsula hasta cosecha), se propone la distribución de Poisson para caracterizar la distribución espacial del pulgón del algodonero *Aphis gossyppi*, dicha etapa se corresponde con bajos niveles de infestación, bajas relaciones varianza:media y en ella este insecto no es una plaga principal:

$$P_x = 2.718282^{-\mu} (\mu^x / X!)$$

μ=n p, donde p=0.2,lo que supone tener solamente un 20% de probabilidades de encontrar una planta infestada y un 80% de que no se encuentre infestada; y a n se le asigna un valor de 760 (pulgones/planta), por corresponder a un período con bajos niveles poblacionales.



Graf. 2: Ejemplo de ajuste de una distribución de frecuencias acumuladas observadas a una distribución Poisson.

Un patrón aleatorio implica la ausencia total de interacciones entre los individuos y con el medio. Para que la probabilidad de encontrar un individuo sea la misma en todo los puntos del espacio, es necesario que todo este espacio ofrezca las mismas condiciones, lo cual no implica que estas condiciones sean favorables. Asimismo, la presencia de un individuo no debe afectar de ninguna manera la presencia de otro, es decir, los individuos no deben presentar ningún tipo de atracción o segregación, lo cual no implica que puedan ejercer alguna clase de efecto unidireccional de estas índoles sobre otras especies dentro de una comunidad (Marquez, 2000).

BIBLIOGRAFIA

BINNS, M. R. and J. BOSTANIAN. 1990. Robustness in empirically based binomial decision rules for integrated pest managment. J. Econ. Entomol. 83: 420-427.

HARCOURT, D. G. 1967. Spatial arrangement of the eggs of *Hylemya brassicae* (Bouché), and a sequential sampling plan for use in control of the species. Can. J. Plant Sci. 47: 461-7.

HOLLINGSWORTH, C. S. and C. A. GATSONIS. 1990. Sequential samplig plans for green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on potato. J. Econ. Entomol. 83: 1365- 1369.

INFOSTAT (2002). Infostat versión 1.1- Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

INFOSTAT (2002). Infostat versión 1.1 Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Ed. Brujas. Pp: 61-90.

MANOILOFF, I. T., J. M. Barral, G. A. de Lavalle. 1982. Distribución de la Población de Pulgones (*Aphis gossypii* Glov) en Algodón en la EERA Saenz Peña (Chaco) y su Aplicación en el Muestreo Secuencial para la Toma de Decisiones en el Control de la Plaga. 11 Págs.

MARQUEZ, E. 2000. Web-site: prof.usb.ve/ejmarque/cursos/ea2181/core/desp01.Curso de Biología de Poblaciones y Evolución. Tema 2: Disposición Espacial.

MAZZA, S., G.B. Contreras, G.W. Videla, M. Polak, J.A. Schroeder y C.J. Tannure. 1996. Técnicas de muestreo para la evaluación de infestación por pulgones (*Aphis gossypii*) en algodón (*Gossypium hirsutum*). Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas SGCYT-UNNE. Actas 3(5):1-4.

NARVAEZ, Z. y M. CERMELI. 1993. Distribución y morfometría del áfido verde del ajonjolí, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) entre plantas hospederas y localidades en Venezuela. Bol. Entomol. Venez. N. S. 8(2): 133-145.

NARVAEZ, Z. y A. NOTZ. 1993. Desarrollo, Longevidad y Reproducción del áfido verde del ajonjolí, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) sobre plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.). y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Bol. Entomol. Venez. N. S. 8(1): 53-61.

NARVAEZ, Z. y A. NOTZ. 1994. Abundancia del áfido verde del ajonjolí, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) en un cultivo de papa, *Solanum tuberosum* L., en Samán Mocho, Edo. Carabobo, Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 9(1): 33-47.

PIELOU, E. C. 1977. Mathematical ecology. Wiley, New York. 385 p.

POLAK, M.; J. Prause; G. Contreras; G. Caram. 2001. Plagas en el cultivo de algodón *Gossypium hirsutum (L.)* (Malvales: malvaceae) en relación a condiciones ambientales y a sus estados fenológicos. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas SGCYT-UNNE. www.unne.edu.ar . Comunicaciones 2001.

RUDD, W. G. 1980. Sequential estimation of soybean arthropod population densities. pp: 94-104. ***In***: M. Kogan and D. C. Herzog (eds.). Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag. 587 p.

RUESINK, W. G. 1980. Introduction to sampling theory. pp: 61-78. ***In***: M. Kogan y D. C. Herzog (eds.). Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag. 587 pp.

SEVACHERIAN, V. and V. M. Stern. 1972. Spatial distribution patterns of *Lygus bugs* in California cotton fields. Environ. Entomol. 1: 695-704.

SHEPARD, M. 1980. Sequential sampling plans for soybean arthropods. pp: 79-93. ***In***: M. Kogan and D. C. Herzog (eds.). Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag. 587 p.

SIEGEL, S. 1979. Estadística no paramétrica. Pp:64-74.

SOUTHWOOD, T. R. E. 1966. Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. Wiley, Londres. 391 p.

TAYLOR, L. R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. Ann. Rev. Entomol. 29: 321-357.